

既往の知見について

1. 地盤的弱点箇所における空洞の拡大（既往研究）
2. 社会的影響の大きい管渠の考え方
3. 塩ビ管に関する考察（既往研究）
4. 陶製取付管への対応（既往研究）
5. 現行の点検頻度（5年に1回以上）の考え方

【参考】既往研究における腐食深度予測式

【腐食深度】

(日本下水道事業団 吉本ら)

$$d = 1.33 \times (C \cdot T)^{1/2} \quad \dots \text{式(1)}$$

ここに、 d ：腐食深度(mm)

C ：硫化水素濃度(ppm)

T ：稼働年数(年)

(東京都 岸・須藤)

$$d = 28.405 \times \log_e(C \cdot T) - 57.765 \quad \dots \text{式(2)}$$

ここに、 d ：腐食深度(mm)

C ：硫化水素濃度(ppm)

T ：稼働年数(年)

【腐食速度予測式】

$$y = 1.40 \times \ln(x) - 0.54 \quad \dots \text{式(3)}$$

ここに、 y ：腐食速度(mm/年)

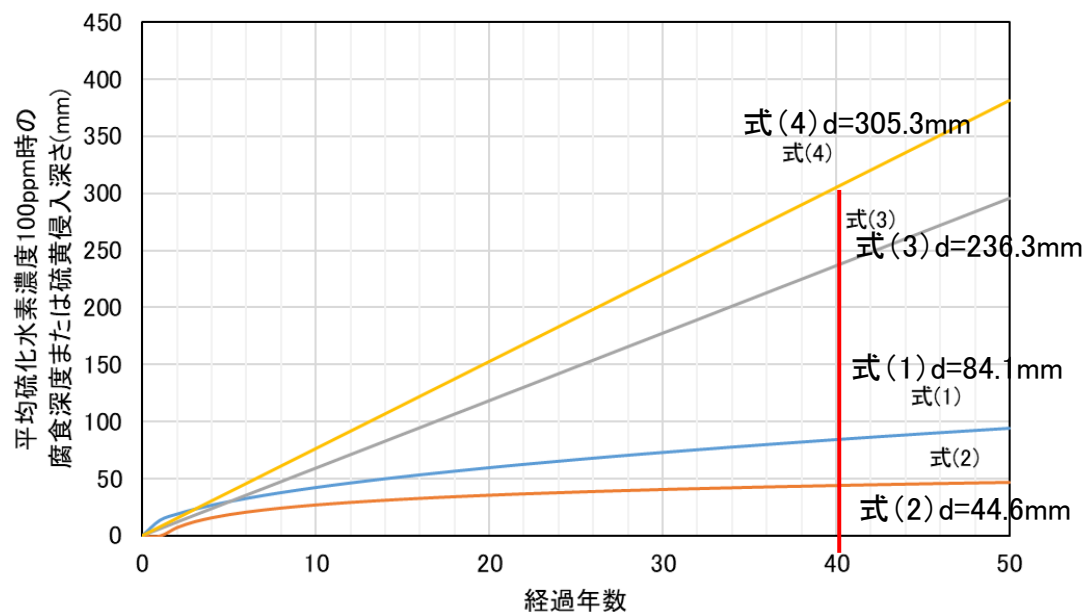
x ：平均硫化水素濃度(ppm)

【硫黄侵入速度予測式】

$$y' = 1.36 \times \ln(x) + 1.37 \quad \dots \text{式(4)}$$

ここに、 y' ：硫黄侵入速度(mm/年)

x ：平均硫化水素濃度(ppm)



※式の適用条件含め、要検証

1. 地盤的弱点箇所における空洞の拡大(既往研究)

- 過去の実験により、軟弱な地盤において、地下水の上昇や活荷重による振動などにより空洞の拡大が促進されることを確認

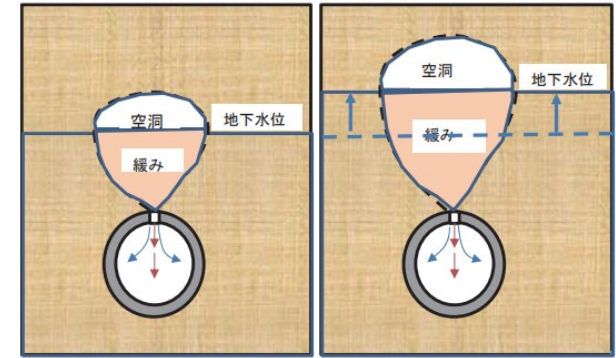
下水道管起因の地盤内空洞発生と地表面陥没危険度の実験的研究

下水道協会誌 Vol.55 No.670 2018/08

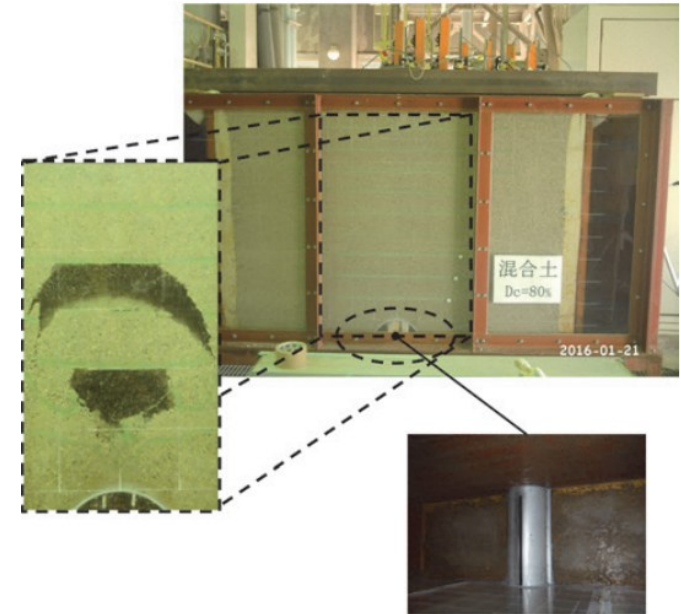
下水道管の不具合による空洞や緩みの発生パターンや発達特性に大きく影響する条件を明らかにするため、スリット幅や砂の材料、締固め程度、地下水位をパラメータとして実験を行った。

実験結果

- ・空洞が地表面方向に移動・発達するためには地下水の上昇や活荷重による振動などの不具合箇所には作用する圧力の変動が必要
- ・ $(\text{クラック幅}) / (\text{砂の最大粒径}) = 1.5$ 以上あれば目詰まりはなく土砂は流出する
- ・透水係数が高い土は水の移動が制限されず空洞・緩みが発生しやすい



空洞の発達メカニズム



実験土槽とスリット

2. 社会的影響の大きい管渠の考え方

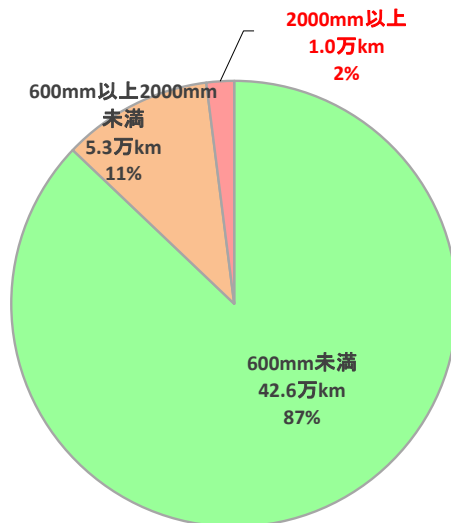
社会的影響の大きい管渠の要因

- ・生命、財産への影響 → 陥没深さ
- ・下水道が使用できないことによる影響（上流人口）
- ・復旧までの時間 → 水替え工の可否
- ・交通等への影響 → 軌道下、緊急輸送路など

管径の影響大

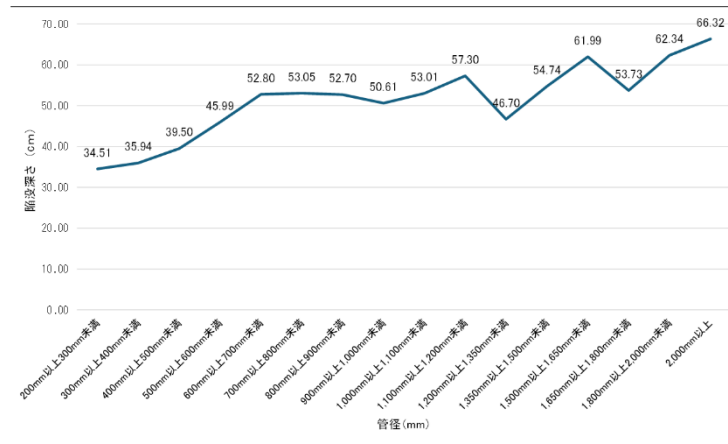
・目視調査に加え、その他の調査方法を組み合わせ、
点検・調査を高度化

管径区分別管路延長



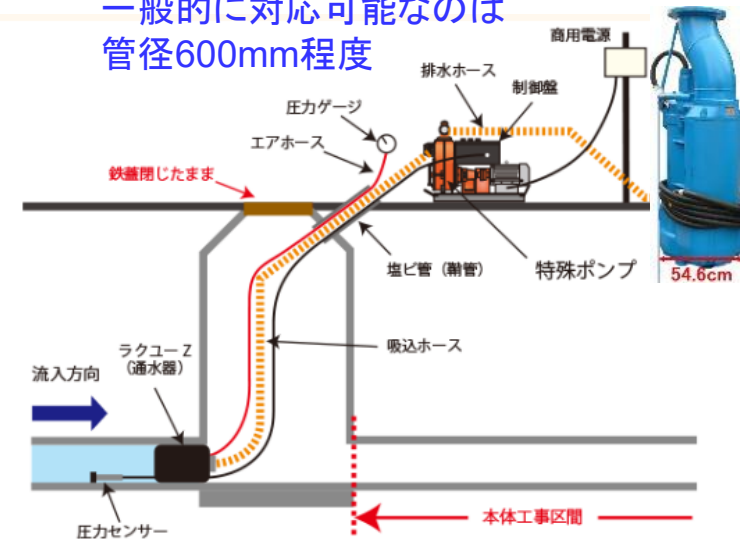
出典: 下水道統計(令和4年度版)
※自然流下管のみ

管径が大きいほど陥没も深い



管径あたりの平均陥没深さ

一般的に対応可能なのは
管径600mm程度



復旧工事時の水替えイメージ図
(RAKUYU-Z工法)

【参考】管径と埋設深と影響人口の関係(管径と計画汚水量・影響人口)

【平均的な計画汚水量に基づく管径と計画汚水量及び影響人口(分流下水のケース)】

○計画汚水量原単位の設定

- ・日平均 : 400L/人・日
- ・日最大 : 533L/人・日 変動率: 0.75(計画設計指針p58より)
- ・時間最大 : 800L/人・日 変動率: 1.50(計画設計指針p58より)

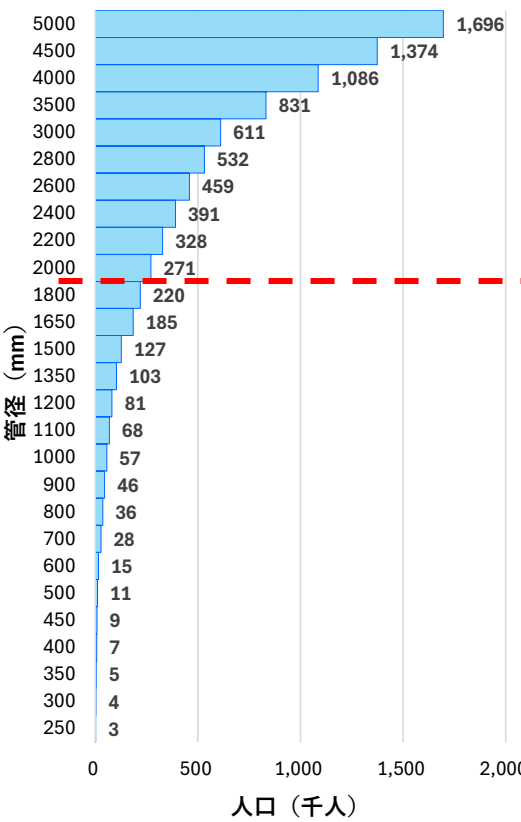
計画汚水量原単位の設定数(日平均)

L/人・日	100未満	100～200	200～250	250～300	350～400	400～450	450～500	500以上
団体数	2	20	248	876	1028	112	30	36

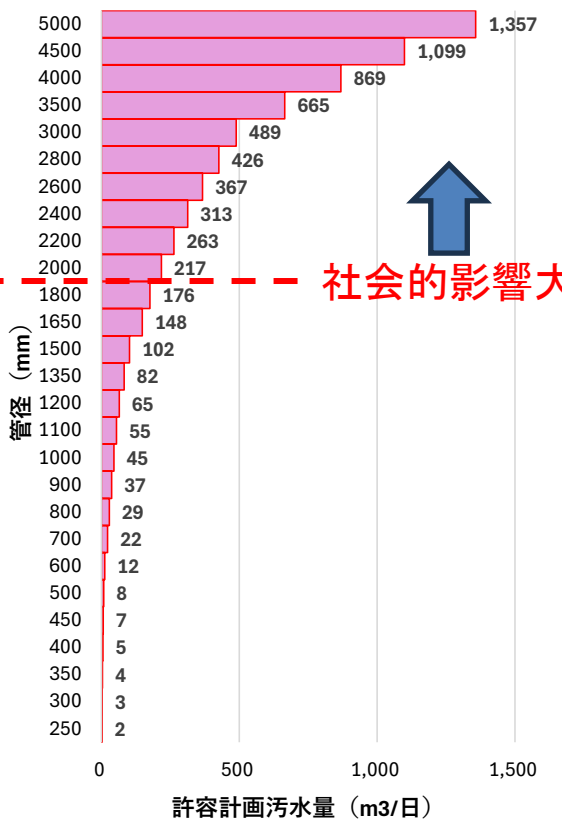
出典: R04下水道統計より

○管径と計画汚水量及び影響人口試算結果

管径 (mm)	余裕率	流速 (m/s)	満管断面積 (m2)	満管流量 (m3/s)	許容計画流量 (m3/s)	許容計画流量 (m3/日)	影響人口 (人)
250	100%	1.00	0.049	0.049	0.025	2,121	2,651
300	100%	1.00	0.071	0.071	0.035	3,054	3,817
350	100%	1.00	0.096	0.096	0.048	4,156	5,195
400	100%	1.00	0.126	0.126	0.063	5,429	6,786
450	100%	1.00	0.159	0.159	0.080	6,871	8,588
500	100%	1.00	0.196	0.196	0.098	8,482	10,603
600	100%	1.00	0.283	0.283	0.141	12,215	15,268
700	50%	1.00	0.385	0.385	0.257	22,167	27,709
800	50%	1.00	0.503	0.503	0.335	28,953	36,191
900	50%	1.00	0.636	0.636	0.424	36,644	45,804
1000	50%	1.00	0.785	0.785	0.524	45,239	56,549
1100	50%	1.00	0.950	0.950	0.634	54,739	68,424
1200	50%	1.00	1.131	1.131	0.754	65,144	81,430
1350	50%	1.00	1.431	1.431	0.954	82,448	103,060
1500	50%	1.00	1.767	1.767	1.178	101,788	127,235
1650	25%	1.00	2.138	2.138	1.711	147,796	184,744
1800	25%	1.00	2.545	2.545	2.036	175,889	219,861
2000	25%	1.00	3.142	3.142	2.513	217,147	271,434
2200	25%	1.00	3.801	3.801	3.041	262,748	328,435
2400	25%	1.00	4.524	4.524	3.619	312,692	390,864
2600	25%	1.00	5.309	5.309	4.247	366,978	458,723
2800	25%	1.00	6.158	6.158	4.926	425,608	532,010
3000	25%	1.00	7.069	7.069	5.655	488,580	610,726
3500	25%	1.00	9.621	9.621	7.697	665,012	831,265
4000	25%	1.00	12.566	12.566	10.053	868,588	1,085,734
4500	25%	1.00	15.904	15.904	12.723	1,099,306	1,374,133
5000	25%	1.00	19.635	19.635	15.708	1,357,168	1,696,460



上流人口概算



流量概算



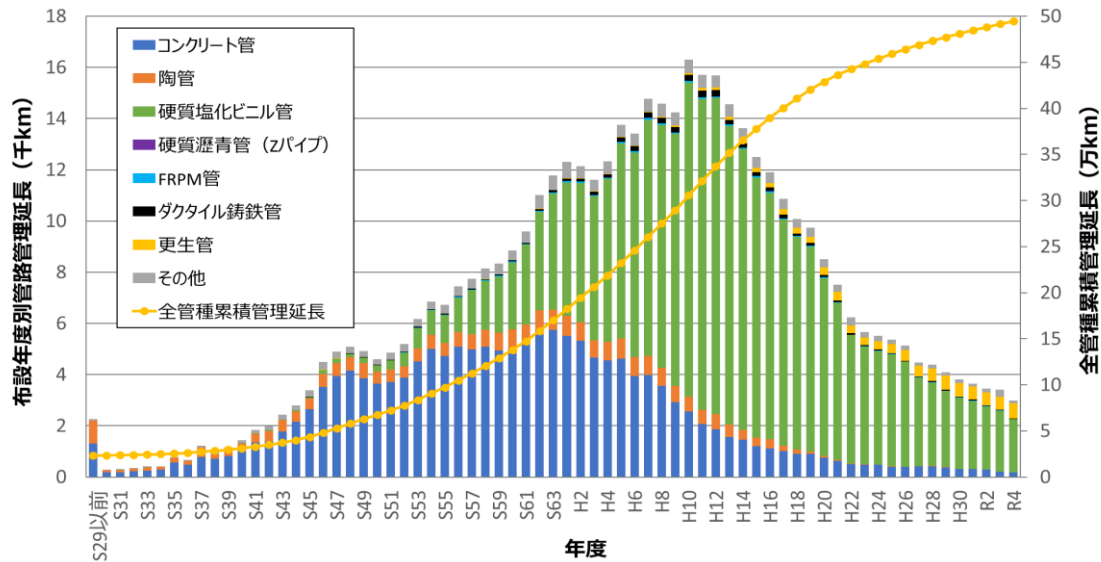
社会的影響大

※流速は一律1.0m/secと想定

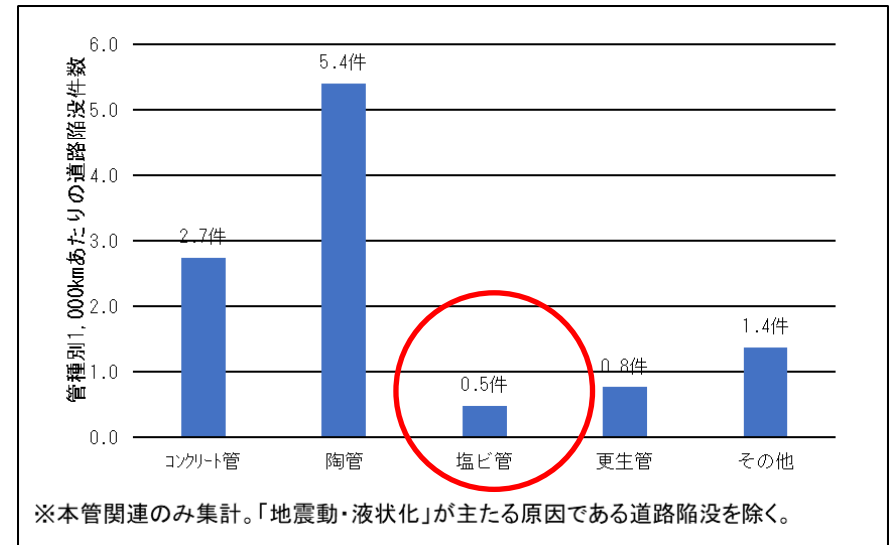
3. 塩ビ管に関する考察(既往研究)

- 塩ビ管は剛性管にない可とう性を有し、耐腐食性に優れる。軽量で施工性が高いことなどから、昭和49年の下水道協会企画(JSWAS K-1)制定以降急速に普及した。
- 30・35年経過した管渠に関する物性試験(塩化ビニル管・継手協会)においても新材と同等の物性値を有することが報告されている。
- コンクリート管に比べ健全率の低下も非常に緩やか。
- 塩ビ管の単位延長(1,000km)あたりの道路陥没件数は、コンクリート管の1/10程度。

→ 小口径の塩ビ管については他管種より陥没リスクが低い。



布設年度別管渠管理延長



管種別単位延長(1,000km)あたりの道路陥没件数

【参考】下水道管路の経年劣化の分析

- 下水道管きよの健全率とは、全管渠に対する健全な(ある緊急度ランク以上の)管渠の割合のことを指し、その健全率と経過年数の関係式を「健全率予測式」として、国総研で公表している。
- 健全率予測式はTVカメラ調査結果や改築状況等を基に算定しており、これを用いることで管路施設全体の劣化状態(緊急度)を経過年数毎に予測することが可能となる。

※ 緊急度ランク(右表)は下水道維持管理指針実務編2014年版(日本下水道協会)に準拠

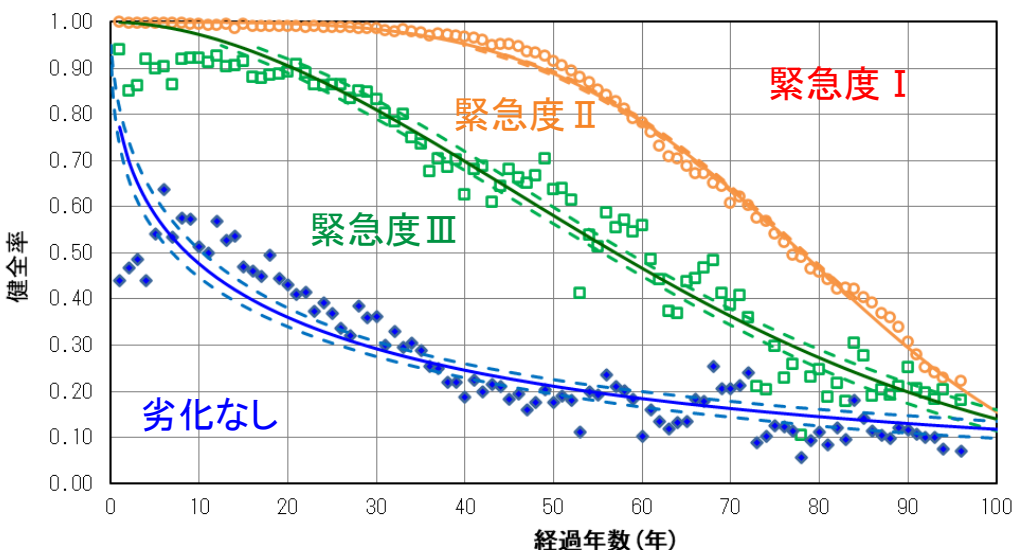
※ 健全率予測式2021から約20万スパンを追加し、約65万スパンのTVカメラ調査結果(コンクリート管:

約42万、陶管:約15万、塩ビ管:約6万、非公表データ含む)を基に作成

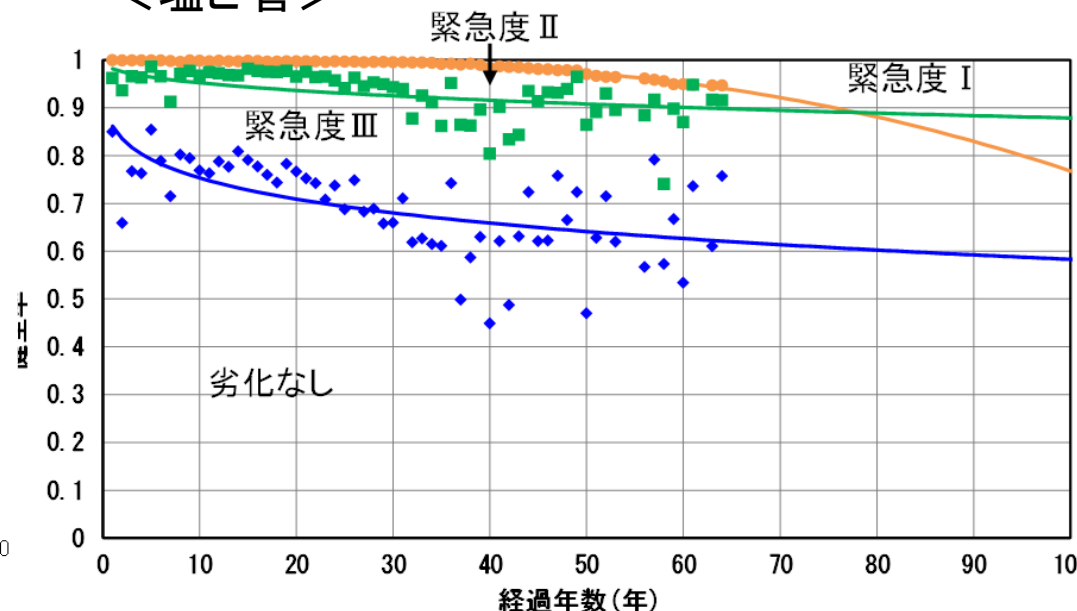
※ 予測式の関数型は、ワイブル分布を採用

区 分	緊急度の区分	
緊急度Ⅰ	重度	速やかに措置が必要な場合
緊急度Ⅱ	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合
緊急度Ⅲ	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合
劣化なし	健全	特別な措置を講じる必要がない場合

<コンクリート管>



<塩ビ管>



【参考】下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究

(研究期間：平成30年度～令和2年度)

- ・予算や人員の制約等により、中小規模の自治体では従来の指針で示されるような頻度(10年に1回)での詳細調査は困難。
- ・このため、これまで地方公共団体から収集した下水道管路の劣化に関するデータを基に、管の材質ごとの経年的な劣化傾向を分析し、管渠の重要度に応じて点検・調査頻度を設定する手法を提示。
- ・本研究成果を活用することにより、維持管理情報が少なく独自に点検・調査頻度の設定が困難な都市においても、社会的影響の大きさを考慮した、メリハリのある管きよの調査点検が可能となる。

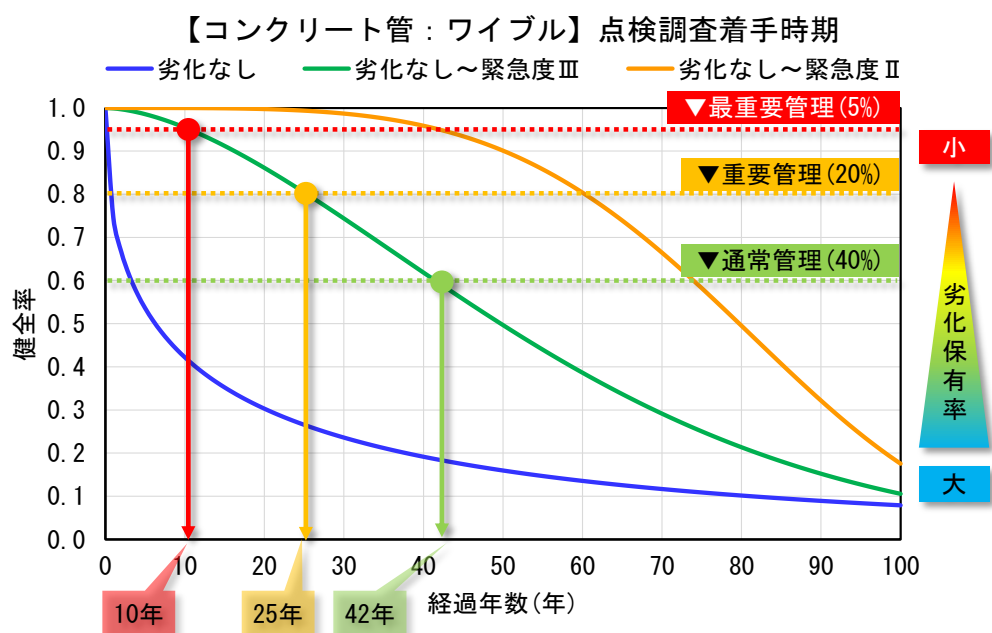


図2 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定例
(コンクリート管)

表1 施設重要度に応じた点検調査着手の時期・頻度の設定例

頻度	前回点検・調査結果			最重要管理	重要管理	通常管理
	管種	判定	対策区分			
着手時期 (1回目)	全管種	—	—	10年	25年	40年
	コンクリート管					35年
	陶管 塩ビ管					50年
頻度 (2回目以降)	全管種	劣化なし	—	10年	25年	40年
		緊急度Ⅰ				5年
		緊急度Ⅱ				
	コンクリート管	劣化なし	改築を実施	10年	25年	40年
		緊急度Ⅰ				5年
		緊急度Ⅱ				
	陶管	劣化なし	改築を実施	10年	25年	35年
		緊急度Ⅰ				5年
		緊急度Ⅱ				
	塩ビ管	劣化なし	改築を実施	25年	50年	50年
		緊急度Ⅰ				10年
		緊急度Ⅱ				
	塩ビ管	劣化なし	改築を実施	10年	25年	25年
		緊急度Ⅰ				10年
		緊急度Ⅱ				

4. 陶製取付管への対応(既往研究)

- ・陶管の取付け管が原因による陥没が多く確認されている(主に中小口径管)。
- ・老朽管が多いエリアにおける取付け管を優先的に改築することで、道路陥没件数が減少した事例も。

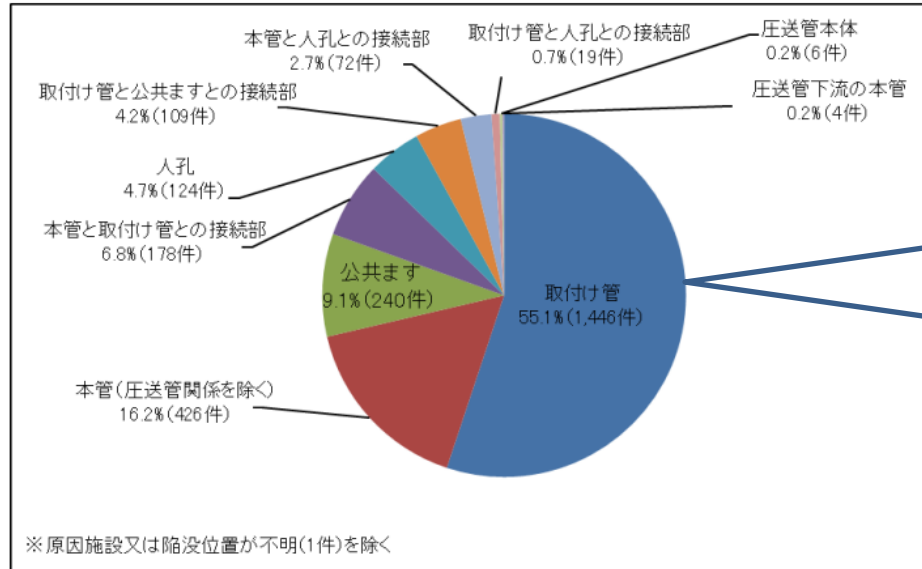


図 原因施設又は陥没位置別の道路陥没件数(令和4年度)

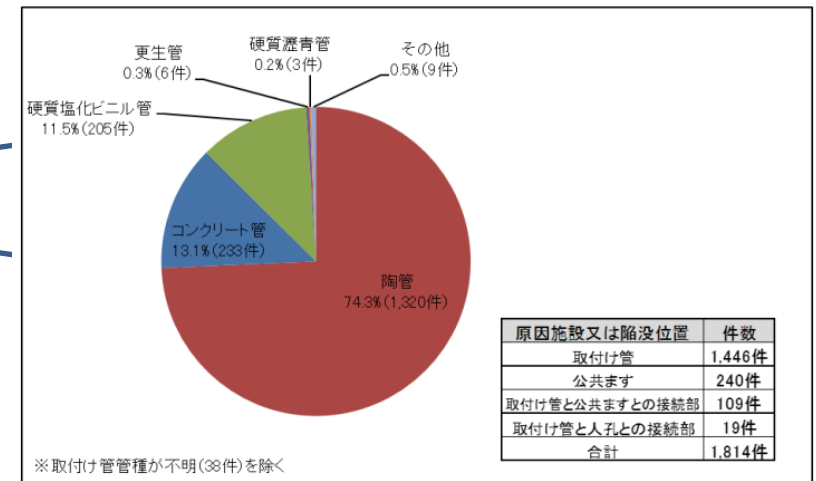


図 取付け管管種別の道路陥没件数(令和4年度)



施設: 取付け管
管種: 陶管
管径: φ150mm
規模: 100cm × 70cm
要因: 老朽化による破損

写真 取付管(陶管)での道路陥没①(大阪市)



施設: 本管と取付け管の継手部
管種: ヒューム管(本管)+陶管(取付け管)
管径: φ300mm(本管)・φ150mm(取付け管)
規模: 100cm × 40cm
要因: 老朽化による継手ズレ

写真 取付管(陶管)での道路陥没②(福岡県古賀市)

【参考】下水道管路に起因する道路陥没に関する予防対策の事例

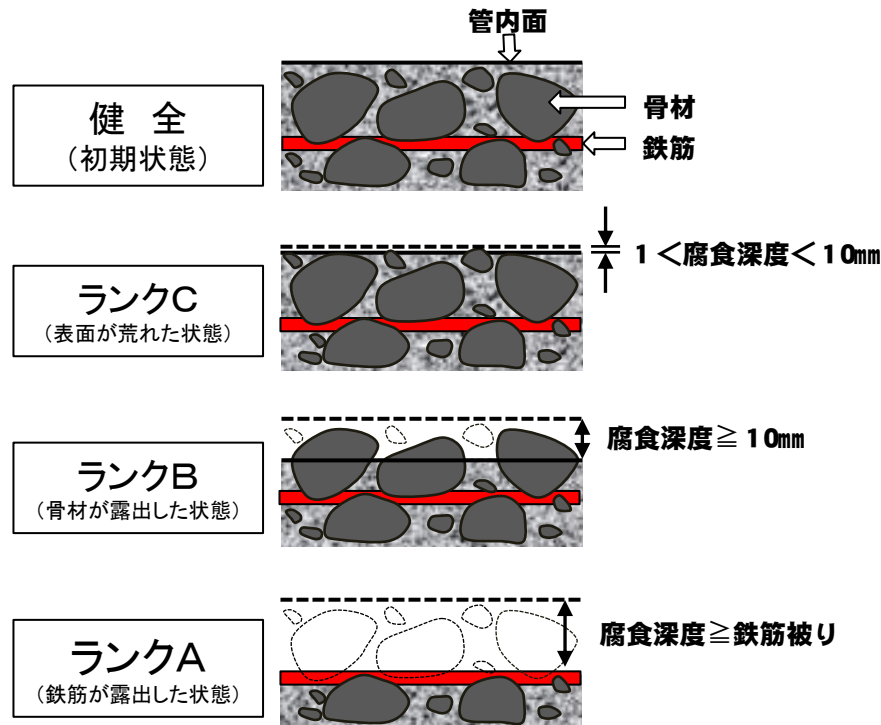
- 国土技術政策総合研究所では、下水道管路に起因する道路陥没に関する効果的な予防対策を検討するため、令和4年度に「道路陥没件数が大きく減少している都市」等を対象にヒアリング調査を行い、予防対策の事例を整理。
- 以下の事例では、下水道管路に起因する道路陥没の発生が集中しているエリア等を概ね把握した上で対策を実施。

対策事例	概 要
老朽管が多いエリアにおける取付け管を優先的に改築	・ 老朽管が多いエリアにおける取付け管を優先的に改築することで、道路陥没件数が減少。本管の再構築工事と同時に実施することで対策を効率化。
他部局との連携による空洞調査等を実施	・ 道路部局との共同による空洞調査及び道路工事に合わせた改築により、道路陥没を未然に防止。 ・ 道路管理者や他埋設物管理者との共同（調査箇所の決定及び費用負担も含む）による空洞調査を計画的に実施し、下水道管路に起因する空洞が発見された場合は未然に対策を実施することで、道路陥没件数が減少。
陶管を無条件で改築	・ 陶管を無条件で改築することで、道路陥没件数が減少。
民間開発施設の受入れ条件を設定	・ 民間開発施設の受入れの増加に伴って道路陥没数が増加したが、受入れ条件を明確に設定することで道路陥没件数が減少。

5. 現行の点検頻度(5年に1回以上)の考え方

- 鉄筋露出までの年数を既往の腐食速度予測式により算出し、信頼性重視保全(RCM理論)の考え方に基づき、最低限必要となる点検頻度を算出。

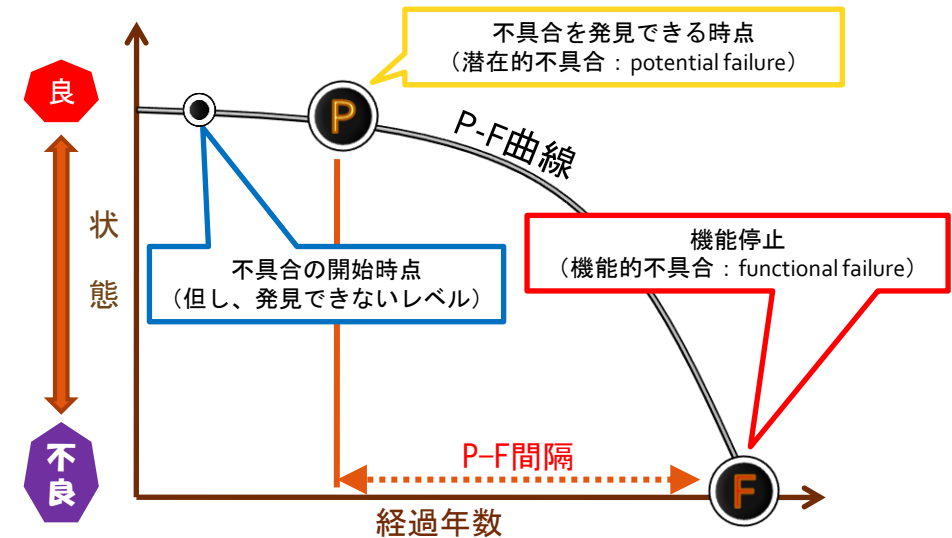
腐食の劣化判定基準と腐食深度の関係



判定ランク	判定基準
ランクA (重度)	鉄筋が露出した状態
ランクB (中度)	骨材が露出した状態
ランクC (軽度)	表面が荒れた状態

出典: 下水道維持管理指針—2014年版—(公益社団法人日本下水道協会)

信頼性重視保全 (RCM 理論) の概念図



- 供用年数10年未満でCランクに達する腐食環境を想定し、既往の腐食速度予測式により鉄筋露出までの年数を算出。
- 一般的にはP-F間隔の半分程度の調査頻度で十分とされていることを踏まえ、**供用から鉄筋が露出するまでの期間の半分で点検が必要と仮定**し、最低限必要となる点検頻度を算出。

最低限必要となる点検頻度: 5年に1回以上